

PAT-NO: JP408274372A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08274372 A
TITLE: GROUP III NITRIDE SEMICONDUCTOR
LIGHT EMITTING ELEMENT
PUBN-DATE: October 18, 1996

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
SHIBATA, NAOKI
UMEZAKI, JUNICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
TOYODA GOSEI CO LTD N/A

APPL-NO: JP07100155
APPL-DATE: March 31, 1995

INT-CL (IPC): H01L033/00
US-CL-CURRENT: 257/E29.144

ABSTRACT:

PURPOSE: To improve the stability in light emission of a group III nitride semiconductor light emitting element.

CONSTITUTION: In a light emitting element, which has at least an n conductivity type of n layer and a p conductivity type of p layer consisting of group III nitride semiconductor (Al_xGa_{1-x}In_yN_{1-y}; X=0, Y=0, X+Y=1), an aluminum (Al) layer 81 to join with an n layer 8, a titanium (Ti) layer 82 positioned thereon, and a gold (Au)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 3族窒化物半導体($\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$; $x=0$, $y=0$, $x=y=0$ を含む)から成るn伝導型のn層とp伝導型のp層とを少なくとも有した発光素子において、前記n層の電極として、前記n層に接合するアルミニウム(Al)層、その上に形成されたチタン(Ti)層、その上に形成された金(Au)層とを形成したことを特徴とする発光素子。

【請求項2】 前記アルミニウム層の厚さは、100～1000Åであり、前記チタン層の厚さは、1000Å～1μmであり、前記金層の厚さは、0.5～3μmであることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

【請求項3】 前記n層は、シリコンが高高度にドーパされた層であることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は青色発光の3族窒化物半導体発光素子の電極に関する。

【0002】

【従来技術】従来、青色の発光ダイオードとしてGaN系の化合物半導体を用いたものが知られている。そのGaN系の化合物半導体は直接遷移であることから発光効率が高いこと、光の3原色の1つである青色を発光色とすること等から注目されている。

【0003】このようなGaN系の化合物半導体を用いた発光ダイオードは、サファイア基板上に窒化アルミニウム又は窒化ガリウムから成るバッファ層を介在させて、n型のGaN系の化合物半導体から成るn層を成長させ、そのn層の上にp型不純物を添加した後、電子線照射や熱アニーリングによりp型化されるp層を成長させている。そして、このn層と、p層に対して電極を形成した後、その電極とリードフレームのランドとがワイヤーボンディングにより接続される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】n層に関する電極は、半導体層に直接接合する側から順に、ニッケル(Ni)層、金層の2重構造であった。しかし、n伝導型のGaN系の化合物半導体層にニッケルを接合した場合に、安定性が良くなく、発光素子の寿命や、製品品質の低下が問題となっていた。

【0005】本発明は上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的は、3族窒化物半導体発光素子の素子寿命の長期化と素子の安定性を図ることである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、3族窒化物半導体($\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$; $x=0$, $y=0$, $x=y=0$ を含む)から成るn伝導型のn層とp伝導型のp層とを少なくとも有した発光素子において、n層の電極として、n層に接合する

アルミニウム(Al)層、その上に形成されたチタン(Ti)層、その上に形成された金(Au)層とを形成したことを特徴とする。

【0007】又、他の特徴は、アルミニウム層の厚さを、100～1000Åとし、チタン層の厚さを、1000Å～1μmとし、金層の厚さを、0.5～3μmとした。

【0008】さらに、他の特徴は、n層をシリコンが高高度にドーパされた層とした。

【0009】

【作用及び発明の効果】上記のように、n層に直接接合する層をアルミニウム層としたので、従来のニッケルを用いたものに比べて、安定度の高いオーミック接触が得られた。さらに、最上層を金で構成したために、ワイヤーボンディングが適切に実施することができる。さらに、アルミニウム層と金層との間にチタン層を介在させたために、3層の金属を蒸着した後に、合金化処理する時、アルミニウムと金とが反応することが防止される。

【0010】アルミニウム層はなるべく薄い方が良好なオーミック性が得られ、安定する。その望ましい厚さは、100～1000Åである。又、合金化処理において、アルミニウムと金とを反応させないために、チタン層はなるべく厚い方が望ましい。その望ましい厚さは、1000Å～1μmである。さらに、金層の厚さは、3層構造の電極の全体の上限厚さからアルミニウム層の厚さとチタン層の厚さとを引いた残りの厚さとなる。金層の望ましい厚さは、0.5～3μmである。

【0011】

【実施例】図1において、発光ダイオード10は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1上に500Åの $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.83}\text{In}_{0.07}\text{N}$ のバッファ層2が形成されている。そのバッファ層2の上には、膜厚約2.0μm、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコンドーパGaNから成る高キャリア濃度 n^+ 層3が形成されている。そして、電極8を形成する部分を除いた高キャリア濃度 n^+ 層3の上には、順に、膜厚約2.0μm、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコンドーパの $(\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})_{y2}\text{In}_{1-y2}\text{N}$ から成る高キャリア濃度 n^+ 層4、膜厚約0.5μm、マグネシウム(Mg)、カドミウム(Cd)及びシリコンドーパの $(\text{Al}_{x1}\text{Ga}_{1-x1})_{y1}\text{In}_{1-y1}\text{N}$ から成るp伝導型の発光層5、膜厚約1.0μm、ホール濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、マグネシウム濃度 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ のマグネシウムドーパの $(\text{Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})_{y2}\text{In}_{1-y2}\text{N}$ から成るp層61、膜厚約0.2μm、ホール濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、マグネシウム濃度 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ のマグネシウムドーパのGaNから成る第2コンタクト層62、膜厚約500Å、ホール濃度 $2 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、マグネシウム濃度 $2 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ のマグネシウムドーパのGaNから成る第1コンタクト層63が形成されている。

【0012】そして、第1コンタクト層63に接続する電極7と高キャリア濃度 n^+ 層3の露出面に接続する電

極8が形成されている。電極7は第1コンタクト層63
上に厚さ20Åに形成されたチタン(Ti)から成る層
71と厚さ60Åに形成されたニッケル(Ni)から成る層
72を有しており、この2層は透明電極として機能す
る。又、層72の上の一部にはワイヤがボンディングさ
れるパッドとして機能する厚さ1000Åのニッケル(Ni)
から成る層73と厚さ1.5μmの金(Au)から成る層
74とが形成されている。

【0013】又、電極8は、高キャリア濃度 n^+ 層3に
接合する厚さ500Åのアルミニウム(Al)から成る層8
1と厚さ500Åのチタン(Ti)から成る層82と厚さ
1.5μmの金(Au)から成る層83との3層構造で構成
されている。

【0014】次に、この構造の発光ダイオード10の製
造方法について説明する。上記発光ダイオード10は、
有機金属化合物気相成長法(以下「MOVPE」と記す)に
よる気相成長により製造された。用いられたガスは、 NH_3
とキャリアガス H_2 又は N_2 とトリメチルガリウム(Ga
(CH_3)₃) (以下「TMG」と記す)とトリメチルアルミニ
ウム(Al (CH_3)₃) (以下「TMA」と記す)とトリメチルイ
ンジウム(In (CH_3)₃) (以下「TMI」と記す)と、ダイメ
チルカドミニウム(Cd (CH_3)₂) (以下「DMCd」と記す)と
シラン(SiH_4)とシクロペンタジエニルマグネシウム(Mg
(C_5H_5)₂) (以下「 CP_2Mg 」と記す)である。

【0015】まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄した
a面を主面とする単結晶のサファイア基板1をMOVPE装
置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常
圧で H_2 を流速2 liter/分で反応室に流しながら温度1100
℃でサファイア基板1を気相エッチングした。

【0016】次に、温度を400℃まで低下させて、 H_2 を
20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMAを 1.8×10^{-5}
モル/分、TMGを 1.5×10^{-4} モル/分、TMIを 1.3×10^{-5}
モル/分で供給して $Al_{0.1}Ga_{0.83}In_{0.07}N$ のバッファ層
2が約500Åの厚さに形成された。次に、サファイア基
板1の温度を1150℃に保持し、膜厚約2.2 μm、電子濃
度 $2 \times 10^{18}/cm^3$ のシリコンドープのGaNから成る高キャ
リア濃度 n^+ 層3を形成した。

【0017】以下、カドミウム(Cd)とシリコン(Si)を発
光中心として発光ピーク波長を430nmに設定した場合の
発光層5(アクティブ層)及びクラッド層である高キャ
リア濃度 n^+ 層4及びp層61の組成比及び結晶成長条
件の実施例を記す。上記の高キャリア濃度 n^+ 層3を形
成した後、続いて、サファイア基板1の温度を850℃に
保持し、 N_2 又は H_2 を10 liter/分、 NH_3 を10 liter/
分、TMGを 1.12×10^{-4} モル/分、TMAを 0.47×10^{-4} モル/
分、TMIを 0.1×10^{-4} モル/分、及び、シランを導入
し、膜厚約0.5 μm、濃度 $1 \times 10^{18}/cm^3$ のシリコンド
ープの($Al_{0.47}Ga_{0.53}$)_{0.9} $In_{0.1}N$ から成る高キャリア濃度
 n^+ 層4を形成した。

【0018】続いて、温度を850℃に保持し、 N_2 又は H_2

を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを 1.53×10^{-4}
モル/分、TMAを 0.47×10^{-4} モル/分、TMIを $0.02 \times$
 10^{-4} モル/分、及び、 CP_2Mg を 2×10^{-4} モル/分とDMCd
を 2×10^{-7} モル/分とシランを 10×10^{-9} モル/分導入
し、膜厚約0.5 μmのマグネシウム(Mg)とカドミウム(Cd)
とシリコン(Si)ドープの($Al_{0.3}Ga_{0.7}$)_{0.94} $In_{0.06}N$ から
成る発光層5を形成した。この状態で発光層5は、まだ、
高抵抗である。この発光層5におけるマグネシウム(Mg)
の濃度は $1 \times 10^{19}/cm^3$ 、カドミウム(Cd)の濃度は 5
 $\times 10^{18}/cm^3$ であり、シリコン(Si)の濃度は $1 \times 10^{18}/cm^3$
である。

【0019】続いて、温度を1100℃に保持し、 N_2 又は H_2
を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを 1.12×10^{-4}
モル/分、TMAを 0.47×10^{-4} モル/分、TMIを $0.1 \times$
 10^{-4} モル/分、及び、 CP_2Mg を 2×10^{-4} モル/分導入
し、膜厚約1.0 μmのマグネシウム(Mg)ドープの(Al
{0.47} $Ga{0.53}$)_{0.9} $In_{0.1}N$ から成るp層61を形成した。
p層61のマグネシウムの濃度は $1 \times 10^{20}/cm^3$ である。
この状態では、p層61は、まだ、抵抗率 $10^8 \Omega cm$ 以上
の絶縁体である。次に、温度を850℃に保持し、 N_2 又は
 H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを $1.12 \times$
 10^{-4} モル/分、及び、 CP_2Mg を 2×10^{-4} モル/分の割合
で導入し、膜厚約0.2 μmのマグネシウム(Mg)ドープの
GaNから成る第2コンタクト層62を形成した。第2コ
ンタクト層62のマグネシウムの濃度は $1 \times 10^{20}/cm^3$ で
ある。この状態では、第2コンタクト層62は、まだ、
抵抗率 $10^8 \Omega cm$ 以上の絶縁体である。続いて、温度を85
0℃に保持し、 N_2 又は H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 lit
er/分、TMGを 1.12×10^{-4} モル/分、及び、 CP_2Mg を 4
 $\times 10^{-4}$ モル/分の割合で導入し、膜厚約500 Åのマグネ
シウム(Mg)ドープのGaNから成る第1コンタクト層63
を形成した。第1コンタクト層63のマグネシウムの濃
度は $2 \times 10^{20}/cm^3$ である。この状態では、第1コンタ
クト層63は、まだ、抵抗率 $10^8 \Omega cm$ 以上の絶縁体であ
る。

【0020】次に、反射電子線回折装置を用いて、第1
コンタクト層63、第2コンタクト層62、p層61及び
発光層5に様に電子線を照射した。電子線の照射条
件は、加速電圧約10KV、試料電流1 μA、ビームの移動
速度0.2mm/sec、ビーム径60 μmφ、真空度 5.0×10^{-5}
Torrである。この電子線の照射により、第1コンタクト
層63、第2コンタクト層62、p層61及び発光層5
は、それぞれ、ホール濃度 $2 \times 10^{17}/cm^3$ 、 $5 \times 10^{17}/c$
 m^3 、 $5 \times 10^{17}/cm^3$ 、抵抗率2Ωcm、0.8 Ωcm、0.8 Ωcm
のp伝導型半導体となった。このようにして、多層構造
のウエハが得られた。

【0021】次に、第1コンタクト層63の上に、スパ
ッタリングにより SiO_2 層を2000Åの厚さに形成した。次
に、その SiO_2 層上にフォトリソグロフを塗布した。そし
て、フォトリソグロフにより、第1コンタクト層63上

において、高キャリア濃度 n^+ 層3を露出させる部位のフォトリソレジストを除去した。

【0022】次に、フォトリソレジストによって覆われていない SiO_2 層をフッ化水素酸系エッチング液で除去した。次に、フォトリソレジスト及び SiO_2 層によって覆われていない部位の第1コンタクト層63、第2コンタクト層62、p層61、発光層5及び高キャリア濃度 n^+ 層4を、真空度0.04Torr、高周波電力0.44W/cm²、 BCl_3 ガスを10 ml/分の割合で供給しドライエッチングした後、Arでドライエッチングした。この工程により、電極形成部位の高キャリア濃度 n^+ 層3の表面を露出させた。

【0023】次に、第1コンタクト層63上に残っている SiO_2 層をフッ化水素酸で除去した。以上の工程により、電極7、8を除く発光ダイオード10が形成された。

【0024】次に、この発光ダイオード10に電極を形成する方法について説明する。この電極形成は、良く知られたように、真空蒸着、フォトリソレジスト塗布、フォトリソグラフィ、エッチング工程により、形成することが可能である。

【0025】第1コンタクト層63の表面一様に透明電極として、厚さ20Åのチタン(Ti)から成る層71、厚さ60Åのニッケル(Ni)から成る層72を形成した。その後、ボンディングパッドとして、厚さ1000Åのニッケル(Ni)層73と厚さ1.5μmの金(Au)層74とを形成した。

【0026】一方、高キャリア濃度 n^+ 層3の電極8として、厚さ500Åのアルミニウム(Al)層81と厚さ5000Åのチタン(Ti)層82と厚さ1.5μmの金(Au)層83とを形成した。

【0027】その後、温度600℃にて1分間合金化処理を施して、図1に示す発光ダイオード10を形成した。そして、発光ダイオード10のチップをリードフレームに取り付け、金層74、金層83とリードフレームのランド間を金線でボンディングした。上記の発光ダイオード10において、高キャリア濃度 n^+ 層3に対するアルミニウム層81の接触抵抗は $10^{-5}\Omega\text{cm}$ 以下であっ

た。又、ボンディング強度をワイヤプルテストにて確認したが、十分な接合強度が得られた。又、オーミック性は良好であった。さらに、発光ダイオード10の寿命が長くなり、発光の安定性が向上した。

【0028】アルミニウム層81の最適な厚さは100~1000Åである。1000Åを越えると上部の金とアルミニウムとが反応を起こし、100Å以下であると、オーミック接触が得られなくなり望ましくない。又、チタン層82の最適な厚さは1000Å~1μmである。1000Å以下であると、合金化処理によりアルミニウムと金とが反応して、層83がボンディングパッドとして機能しなくなる。又、1μm以上であると、形成のために時間がかかり望ましくない。又、金層83の厚さは、0.5~3μmである。0.5μm以下であるとボンディング性能が悪化し、3μm以上となると費用が高くなるので望ましくない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な実施例に係る発光ダイオードの構成を示した断面図。

20 【符号の説明】

- 10…発光ダイオード
- 1…サファイア基板
- 2…バッファ層
- 3…高キャリア濃度 n^+ 層
- 4…高キャリア濃度 n^+ 層
- 5…発光層
- 61…p層
- 62…第2コンタクト層
- 63…第1コンタクト層
- 30 7, 8…電極
- 71…チタン層
- 72…ニッケル層
- 73…ニッケル層
- 74…金層
- 81…アルミニウム層
- 82…チタン層
- 83…金層

【図1】

